

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003 年 10 月 23 日 (23.10.2003)

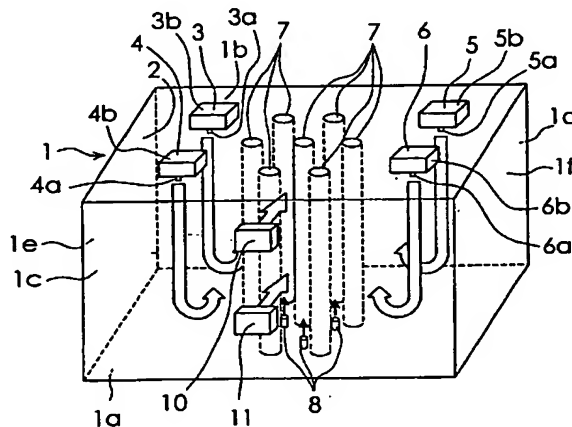
PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/087667 A1

- (51) 国際特許分類⁷: F23C 5/08, F23L 15/02 [JP/JP]; 〒230-8601 神奈川県 横浜市 鶴見区 鶴見中央二丁目 1 2 番 1 号 Kanagawa (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/04027
- (22) 国際出願日: 2003 年 3 月 28 日 (28.03.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-95698 2002 年 3 月 29 日 (29.03.2002) JP
特願2003-47072 2003 年 2 月 25 日 (25.02.2003) JP
- (71) 出願人 (カナダ, 韓国, オーストリア, ベルギー, ブルガリア, スイス, キプロス, チェッコ, ドイツ, デンマーク, エストニア, スペイン, フィンランド, フランス, 英国, ギリシャ, ハンガリー, アイルランド, イタリア, ルクセンブルグ, モナコ, オランダ, ポルトガル, スウェーデン, スロヴェニア, スロヴァキア, トルコについてのみ): 日本ファーンネス工業株式会社 (NIPPON FURNACE KOGYO KAISHA, LTD.) [JP/JP]; 〒230-8666 神奈川県 横浜市 鶴見区 尻手 2 丁目 1 番 5 3 号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 毛利 孝明 [続葉有]
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 千代田化工建設株式会社 (CHIYODA CORPORATION)

(54) Title: REACTOR COMBUSTION CONTROL METHOD AND REACTOR

(54) 発明の名称: 反応炉の燃焼制御方法及び反応炉



(57) Abstract: A reactor combustion control method using a high temperature air combustion technology capable of reducing a temperature difference in a reactor without producing cracking and caulking in reaction tubes and the reactor controlled by using the method, the reactor wherein second burners (8) are disposed in a space formed between two or more reaction tubes (7) adjacent to each other so as to inject fuel in the extending direction of the reaction tubes (7), and partial combustion air feeding devices (10) and (11) for the second burners discharging exhaust gas in a combustion chamber (2) to the outside of the reactor through a permeable heat reservoir and feeding combustion air heated to a high temperature by the latent heat of the heat reservoir to the second burners (8) are installed; the method comprising the steps of raising the temperature in the reactor by the combustion of only the first burners (3a) to (6a) until the inside of a reactor body (1) is brought into a high temperature air combustion state, starting the combustion of the second burners (8) after the inside of the reactor body (1) is brought into the high temperature air combustion state, and decreasing the amount of combustion of the plurality of first burners (3a) to (6a) according an increase in combustion amount of the second burners (8), whereby a necessary combustion state can be provided.

(57) 要約: 本発明は、反応管の割れやコーキングを発生させることなく、反応炉内の温度差を小さくすることができる高温空気燃焼技術を用いた反応炉の燃焼制御方法と、この方法を用いて制御する反応炉を提供する。隣接する 2 本以上の反応管 7 の間に形成された空間に反応管 7 が延びる方向に向かって燃料を噴射するよう

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY

WO 03/087667 A1



(MOHRI,Takaaki) [JP/JP]; 〒230-8601 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央二丁目12番1号千代田化工建設株式会社内 Kanagawa (JP). 吉岡 利晃 (YOSHIOKA,Toshiaki) [JP/JP]; 〒230-8601 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央二丁目12番1号千代田化工建設株式会社内 Kanagawa (JP). 穂積 良和 (HOZUMI,Yoshikazu) [JP/JP]; 〒230-8601 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央二丁目12番1号千代田化工建設株式会社内 Kanagawa (JP). 汐崎 徹 (SHIOZAKI,Tetsu) [JP/JP]; 〒230-8601 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央二丁目12番1号千代田化工建設株式会社内 Kanagawa (JP). 長谷川 敏明 (HASEGAWA,Toshiaki) [JP/JP]; 〒230-8666 神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号日本ファーンズ工業株式会社内 Kanagawa (JP). 持田 晋 (MOCHIDA,Susumu) [JP/JP]; 〒230-8666 神奈川県横浜市鶴見区尻手2丁目1番53号日本ファーンズ工業株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 西浦 ▲嗣▼晴 (NISHIURA,Tsuguharu); 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番20号虎ノ門19MTビル6階 西浦特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AU, CA, CN, ID, KR, RU, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

に、第2バーナ8を配置する。燃焼室2内の排気ガスを通気性を有する蓄熱体を通して炉外に排出し、蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を第2バーナ8に供給する第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置10、11を設ける。炉本体1内が高温空気燃焼状態になるまでは第1バーナ3a～6aのみを燃焼させて反応炉内の温度を上昇させる。そして炉本体1内が高温空気燃焼状態になった後に、第2バーナ8の燃焼を開始し、以後第2バーナ8の燃焼量の増加に伴って複数の第1バーナ3a～6aの燃焼量を減少させて必要な燃焼状態を得る。

明 細 書

反応炉の燃焼制御方法及び反応炉

技術分野

本発明は、高温空気燃焼技術を用いた反応炉に関するものである。

背景技術

特開平 1 1 - 1 7 9 1 9 1 号公報（特願平 9 - 3 5 7 2 6 3 号）には、複数の反応管における反応効率を向上させる技術が開示されている。この技術では、複数の反応管によりそれぞれ構成された複数の反応管列が横に並べられた炉内の温度を、高温空気燃焼型蓄熱式燃焼装置を用いて上昇させる。

また特開 2 0 0 1 - 1 5 2 1 6 6 公報（特願平 1 1 - 3 4 3 6 2 4 号）には、高温空気燃焼技術を用いた反応炉に関する技術が開示されている。ここで高温空気燃焼技術とは、燃焼用空気を 8 0 0℃以上の高温まで予熱し、且つ高速で燃焼室に燃焼用空気を吹き込み、しかもその燃焼用空気中に燃料を吹き込んで燃焼を行う技術である。この技術では、燃焼室を大型化することなく、反応管列が配置される炉内の温度場の温度差をできるだけ小さくすることができる。

高温空気燃焼技術を用いると、反応炉内の温度差をできるだけ小さくすることができる。しかしながら、反応管の本数や反応管列が多くなると、反応管それ自体が伝熱の抵抗となる。そのため複数の反応管間の空間の温度と、これらの空間の外側の空間の温度との差が大きくなる傾向が現れる。このような温度差は、反応管の割れの発生原因や、コーキングの発生原因となる。そのため、このような温度差を小さくする必要がある。また反応管に対する伝熱が壁輻射による壁支配になるため、反応管自体が自分よりも内側に位置する他の反応管に対して伝熱の陰となる。そのため各反応管の加熱に均一性を欠くことになり、反応管全体でみたときの受熱量（伝熱効率）が低下する問題が発生する。

本発明の目的は、反応管に割れやコーキングを発生させることなく、反応炉内の温度差を小さくすることができる高温空気燃焼技術を用いた反応炉の燃焼制御方法及び反応炉を提供することにある。

本発明の他の目的は、上記目的に加えて、複数の反応管のそれぞれの円周方向の管壁温度分布に大きな不均一が生じるのを防止できる反応炉の燃焼制御方法及び反応炉を提供することにある。

本発明の他の目的は、上記目的に加えて、熱効率を下げることなく、しかもCO濃度の増加を抑制することができる反応炉の燃焼制御方法及び反応炉を提供することにある。

本発明の目的は、上記目的に加えて、従来よりも受熱量（伝熱効率）を大きくすることができる反応炉の燃焼制御方法及び反応炉を提供することにある。

発明の開示

高温空気燃焼技術を適用する反応炉は、内部に炉壁によって囲まれた燃焼室を有する炉本体を有する。この炉本体の内部には、炉壁の対向する一对の壁部間に設置されて互いに同じ方向に延びるように並設された複数の反応管がある。また反応炉は、複数の反応管の外側に配置され且つ炉本体の炉壁に設けられて燃焼室内において燃料を燃焼する複数の第1バーナを備えている。また反応炉は、燃焼室内の排気ガスを通気性を有する蓄熱手段を通して炉外に排出し、蓄熱手段の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を燃焼室内に供給する熱交換型燃焼用空気供給装置を備えている。

一般的に、複数の反応管は炉本体内の燃焼室を囲む炉壁の対向する一对の炉壁間（例えば底壁と天井壁との間）に直接または支持構造を介して取り付けられている。また複数の第1バーナは、炉壁の底壁、天井壁、側壁のいずれかに取り付けられる。燃焼用空気は、一般的に蓄熱体の顕熱で800℃以上の高温に加熱される。第1バーナと第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置とが組み合わされて1台の高温空気燃焼型蓄熱式バーナを構成してもよい。高温空気燃焼型蓄熱式バーナとしては、例えば特開平11-223335号公報及び特開2000-39138公報等に表示されている周知の連続燃焼式蓄熱バーナシステムを用いることができる。この種の連続燃焼式蓄熱バーナシステムでは、1台のバーナ内部に分割した蓄熱体を有し、一部の蓄熱体に燃焼用空気を供給し、同時に他の部分の蓄熱体は燃焼ガスを吸引して蓄熱を行う。空気供給及び燃焼ガス排出の流路は一定周

期で切り換えられ、1台のパーナシステム内部で蓄熱／放熱が繰り返される。高温空気の吐出口は切換と共に周方向に移動する。しかし燃料は1本のパーナから連続的に供給できる。

また高温空気燃焼型蓄熱式パーナは、いわゆる交番式蓄熱パーナを用いて構成することもできる。交番式蓄熱パーナは、1つの蓄熱体全体に燃焼用空気と排気ガスとを交互に流して、燃焼用空気を蓄熱体の顕熱で加熱するものである。交番式蓄熱パーナには、大別してパーナの燃焼を連続する連続燃焼タイプと、パーナの燃焼を断続する断続燃焼タイプとがある。連続燃焼タイプのものは、例えば特開平5-256423号公報や特開平6-11121号公報に示されている。また断続燃焼タイプの一例は、特開平1-222102号公報に示されている。

特に本発明が制御の対象とする反応炉は、複数の反応管の隣接する2本以上の反応管の間に形成される空間に反応管管軸方向に向かって燃料を噴射する1以上の第2パーナを備えている。1以上の第2パーナは、複数の反応管が設置されている一対の壁部における一対の固定領域の少なくとも一方に固定されている。本発明のように、複数の反応管の集合体の内部に1以上の第2パーナを配置すれば、外側に位置する反応管の陰に位置する内側の反応管に対しても第2パーナからの熱を加えることができる。そのため、複数の反応管の集合体の内部における温度場をコントロールすることができ、反応炉内の温度差を小さくすることができる。

しかしながら第2パーナの燃焼を燃焼開始当初から積極的に行うと、燃焼開始当初に第2パーナからの熱が温度場内に大きな温度差を生じさせたり、局部過熱を生じさせる。また燃焼炉内の温度が高温空気燃焼状態に達した後は、複数の第1パーナからの熱が温度場内に温度差を生じさせる。そこで本発明の燃焼制御方法では、原則的に、燃焼室内が高温空気燃焼状態になるまでは複数の第1パーナのみを燃焼させて反応炉内の温度を上昇させる。そして反応炉内が高温空気燃焼状態になった後に、1以上の第2パーナの燃焼を開始し、以後1以上の第2パーナの燃焼量の増加に伴って複数の第1パーナの燃焼量を減少させて必要な燃焼状態を得る。なお反応炉内が高温空気燃焼状態になるまでの間、影響が無い程度に第2パーナを燃焼させてもよい。その場合には、主として複数の第1パーナを

燃焼させて反応炉内の温度を上昇させる。そして反応炉内が高温空気燃焼状態になった後に、1以上の第2バーナの燃焼量を増大させ、以後1以上の第2バーナの燃焼量の増加に伴って前記複数の第1バーナの燃焼量を減少させて必要な燃焼状態を得ればよい。

複数の第1バーナと1以上の第2バーナを用いる場合に、本発明の燃焼制御方法を採用すると、反応管に割れを生じさせたり、コーキングを発生させるほどに燃焼開始時において反応炉内の温度場の温度差が大きくなるのを防止できる。また反応炉内が高温空気燃焼状態になった後には、1以上の第2バーナの燃焼量の増加に伴って複数の第1バーナの燃焼量を減少させて必要な燃焼状態を得ることにより、反応炉内の温度場の温度差が、反応管に割れを生じさせたり、コーキングを発生させるほどに大きくなるのを防止できる。

必要な燃焼状態が得られた以降は、必要な燃焼状態が得られたときの複数の第1バーナの燃焼量と1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合を維持すればよい。これによって温度差の少ない安定した温度場を提供することができる。

複数の第1バーナの燃焼量と1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合は、80：20～0：100の範囲にあることが好ましい。80：20の燃焼割合では、第1バーナと第2バーナの配置を可能な範囲で様々に変更した場合でも、各反応管の受熱量を大きくすることができる。80：20～50：50の燃焼割合でも程度の差はあるものの、受熱量を増大できる。

また複数の第1バーナの燃焼量と1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合を、50：50～0：100の範囲にすると、複数の反応管のそれぞれの円周方向の管壁温度分布が極端に不均一な状態にならない燃焼状態を得ることができる。特に、最終的に燃焼割合を0：100にした場合には、複数の反応管のそれぞれの円周方向の管壁温度部分の不均一を最も小さくすることができて、しかもNO_x、COの発生量を最も低減することができる。なおこれらの場合において、排気ガス中の酸素濃度の平均値が、3.5～6%の範囲になるように熱交換型燃焼用空気供給装置から燃焼室内に供給される空気の量を定めると、温度差を更に小さくすることができる。現時点で判っている範囲では、高温空気燃焼状態になった後に、最終的に燃焼割合を0：100にして酸素濃度を6%にするのが最良の

運転モードである。

本発明の反応炉は、複数の第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置と1以上の第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置とを有している。複数の第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置は、燃焼室内の排気ガスを通気性を有する1以上の蓄熱体を通して炉外に排出し、1以上の蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を複数の第1バーナに供給するように構成されている。また1以上の第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置は、燃焼室内の排気ガスを通気性を有する1以上の蓄熱体を通して炉外に排出し、1以上の蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を前記1以上の第2バーナに供給する。なお燃焼室は1つであるので、複数の第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置から供給された空気の一部が第2バーナにおける燃焼にも当然にして用いられ、第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置から供給された空気の一部が第1バーナにおける燃焼にも用いられる。そして前述の排気ガス中の酸素濃度の平均値が3.5～6%の範囲になるようにするために、第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置及び／または第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置から燃焼室内に供給される空気の量を定めることになる。

複数の第1バーナ及び第2バーナの配置は種々考えられるが、特に複数の第1バーナを一对の壁部の一方に固定し、複数の第2バーナを一对の壁部の他方に固定するのが好ましい。このようにすると第1バーナに対する燃焼用空気及び第1バーナからの熱の一部が第2バーナの近傍に近付くため、第2バーナの近傍に位置する複数の反応管の加熱を助けることになる。ただし第2バーナを一方の壁部に配置した場合でも、各反応管を局部過熱することなく、各反応管の受熱量を大きくすることが容易になる。

なお第2バーナとしては、最高ガス温度が500℃以上となる部分燃焼火炎を形成する構造を有しているものを用いるのが好ましい。また第1バーナと第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置とを組み合わせる1台の高温空気燃焼型蓄熱バーナを構成し、第2バーナと第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置とを組み合わせる1台の高温空気燃焼型蓄熱バーナを構成するのが好ましい。このようにすると燃焼制御を最も効率的に実施できる。なお反応管列の内部にはスペースが十分に確保できない場合が多いので、第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置は、複数の

反応管の外側から1以上の第2のバーナに燃焼用空気を供給するように配置するのが好ましい。反応管の長さが短い場合には、第1バーナのための燃焼用空気供給装置を、第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置として兼用することもできる。

なお複数の反応管を、隣接する他の反応管との距離が等しくなるように配置し、複数の第2バーナを、隣接する複数の反応管との間の距離が等しくなるように配置すると、複数の反応管の内部の温度場をほぼ均一にすることができる。

また本発明の方法を実施する場合に、複数の第1バーナのみで複数の反応管を加熱したときの複数の反応管の受熱量（伝熱効率）を1としたときに、複数の反応管の受熱量が1より大きくなるように、複数の第1バーナと1本以上の第2バーナの位置関係と、複数の第1バーナと1本以上の第2バーナの燃焼割合とを定めることができる。このようにすると、従来よりも受熱量（伝熱効率）を大きくすることができる。ここで伝熱効率とは、（第2バーナを燃焼させた場合の複数の反応管の受熱量／複数の第1バーナのみで複数の反応管を加熱したときの複数の反応管の受熱量）と定義される。

なお1以上の第2バーナ用燃焼用空気供給装置が、複数の反応管の外側から1本以上の第2バーナに燃焼用空気を供給するように配置されている場合、第2バーナ用燃焼用空気供給装置から供給される空気量を、第2バーナから供給される燃料流量に対する理論燃料空気量の30%未満にするのが好ましい。このようにすると、燃焼効率の高い良好な燃焼を得ることができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明を試験用の反応炉に適用した第1の実施の形態の概略構成を示す図である。

図2は、図1の構成において、高温空気燃焼状態になった後に、第1バーナの燃焼量と第2バーナの燃焼量との燃焼割合を0%～100%まで変化させたときに各反応管のそれぞれの円周方向の管壁温度分布中の最高温度差の平均値を測定した結果を示す図である。

図3は、第2バーナを炉本体の底壁（炉床）に設けた場合と、後述する別の実施の形態のように第2バーナを炉本体の上壁（炉天井）に設けた場合の第2バー

ナの使用割合と排気ガス中の NO_x の排出値の関係を測定した結果を示す図である。

図4は、高温空気燃焼状態になった後に、第1バーナの燃焼量と第2バーナの燃焼量との燃焼割合を0 : 100にしたときに、燃焼室に供給する空気比（残存酸素濃度）を変化させたときにおける排気ガス中の NO_x とCOの量の変化の状態を示す図である。

図5は、高温空気燃焼状態になった後に、第1バーナの燃焼量と第2バーナの燃焼量との燃焼割合を40 : 60にしたときに、燃焼室内の残存酸素濃度を変化させたときにおける各反応管のそれぞれの円周方向の管壁温度分布中の最高温度差の平均値を測定した結果を示す図である。

図6は、第2バーナの出口部分の構造の一例を示す概略拡大断面図である。

図7は、第2バーナの異なる配置状態を示す図である。

図8は、本発明を試験用の反応炉に適用した第2の実施の形態の概略構成を示す図である。

図9は、本発明を試験用の反応炉に適用した第3の実施の形態の概略構成を示す図である。

図10は、本発明を試験用の反応炉に適用した第4の実施の形態の概略構成を示す図である。

図11は、本発明を試験用の反応炉に適用した第5の実施の形態の概略構成を示す図である。

図12は、本発明を試験用の反応炉に適用した第6の実施の形態の概略構成を示す図である。

図13は、本発明を試験用の反応炉に適用した第7の実施の形態の概略構成を示す図である。

図14は、本発明を試験用の反応炉に適用した第8の実施の形態の概略構成を示す図である。

図15は、本発明を試験用の反応炉に適用した第9の実施の形態の概略構成を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明を試験用の改質用の反応炉に適用した実施の形態の一例の構成を概略的に示す図である。図1において、符号1で示したものは、内部に燃焼室2を有する炉本体である。炉本体1は、一对の壁部を構成する底壁（炉床）1a及び上壁（炉天井）1bと、幅方向（図1の紙面で見た前後方向）に位置する一对の壁部を構成する側壁1c及び1dと、横方向（図1の紙面で見た左右方向）の一对の壁部を構成する側壁1e及び1fとを備えている。

炉本体1の底壁（炉床）1aは、実際には図示しない支持構造部によって支持されている。炉本体1の上壁（炉天井）1bには、それぞれ高温空気燃焼型蓄熱式バーナを構成する4台の連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6が固定されている。そして炉本体1の底壁1aと上壁1bとを貫通するように、複数本の反応管7…が配置されている。

ここで用いる連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6は、炉本体1の炉壁に設けられている。連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6は、燃焼室2内において燃料を燃焼する第1バーナ3a～6aと、第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置3b～6bとが組み合わされて構成されている。第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置3b～6bは、通気性を有する1以上の蓄熱体（図示せず）を有している。そして第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置3b～6bは、燃焼室2内の排気ガスを通気性を有する1以上の蓄熱体（図示せず）を通して炉外に排出し、1以上の蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を複数の第1バーナ3a～6aに供給するように構成されている。このような連続燃焼式蓄熱バーナの構造は、特開平11-223335号公報及び特開2000-39138公報等に詳細に開示されているので説明は省略する。

燃焼用空気の加熱温度は、第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置3b～6b内の蓄熱体の切換速度（または回転速度）、蓄熱体の通気性、蓄熱体の長さ等の要素によって決まる。この例では燃焼用空気の温度が800℃以上になるようにこれらの要素が決定されている。勿論このような高温に耐えるように各部の材料も選択されている。そして第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置3b～6bの後方

には、ダクト構造体が設けられている。ダクト構造体は、燃焼用空気を供給する図示しない空気ダクトと排気ガスを排出する排気ガスダクトとを備えている。更にこのダクト構造体の後方には、燃焼用空気を空気ダクトに送り込む押し込み送風機と排気ガスを排気ガスダクトから引き出す誘引送風機とが配置されている。

本実施の形態のように4台の連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6を用いる場合、各連続燃焼式蓄熱バーナのためのダクト構造体は、4台のダクト構造体を集合させて構成した集合構造を有している。すなわち集合構造のダクト構造体は、4台のダクト構造体に対して例えば1台の押し込み送風機と誘引送風機とを用意し、これらを用いて燃焼用空気の供給と排気ガスの排気とを行う。この例では、2台の連続燃焼式蓄熱バーナ3及び4を複数の反応管7の群の片側に、反応管7の管軸方向に沿って燃料を噴射するように配置する。また2台の連続燃焼式蓄熱バーナ5及び6を、複数の反応管7の群の反対側の片側に反応管7の管軸方向に沿って燃料を噴射するように配置する。図1においては、連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6から出た燃焼用空気の流れを矢印で示している。

7本の反応管7は、六角形の各頂点と六角形の中心にそれぞれ反応管が位置するように配置されている。そして7本の反応管7の隣接する反応管間に形成される空間に向かって、第2バーナ8が配置されている。

7本の反応管7中の隣接する2本以上の反応管の間に形成される空間に反応管7の管軸方向に向かって燃料を噴射するように、4本の第2バーナ8がそれぞれ配置されている。これらの第2バーナ8は、複数の反応管7が設置されている底壁1aの固定領域にそれぞれ固定されている。

また炉本体1の側壁1cには、上下方向に間隔をあけて2台の第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置10及び11が配置されている。この2台の第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置10及び11は、前述の連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6のバーナを除いた部分の構成と同様に構成されている。すなわち2台の第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置10及び11は、蓄熱体と回転機構と送風装置等から構成されている。2台の第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置10及び11は、燃焼室2内の排気ガスを通気性を有する蓄熱体を通して炉外に排出し、蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を対応する第2バーナ8に供給する構造を有

している。ここで第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置10及び11から供給される空気量は、第2バーナ8から供給される燃料流量に対する理論燃料空気量の50%未満にする。そして空気量は、好ましくは30%未満、より好ましくは5~20%にすることがよい。

この構造では、複数の反応管7は、各バーナから出る高温燃焼ガスの輻射熱と炉壁からの輻射熱で加熱される。この実施の形態において、燃焼室2の内部の温度が800℃以上になるように高温空気燃焼を行うと、燃焼室2内の温度を高くしても、燃焼室2内の反応管7が配置される温度場の温度差を小さくすることができる。

なお燃焼開始当初から、第2バーナ8の燃焼を積極的に行うと、燃焼開始当初に第2バーナ8からの熱が温度場内に大きな温度差を生じさせたり、局部過熱を生じせることが発明者の研究により分かっている。また炉本体1内が、高温空気燃焼状態に達した後に、複数の第1バーナ3a~6aからの熱だけでは、温度場内に温度差が生じる。そこで本発明の燃焼制御方法では、原則的に、炉本体1内が高温空気燃焼状態になるまでは複数の第1バーナ3a~6aのみを燃焼させて炉本体1内の温度を上昇させる。なお炉本体1内が高温空気燃焼状態になるまでの間、影響が無い程度に第2バーナ8を燃焼させてもよい。具体的には、局部過熱が発生しないまたはコーキングが発生しない程度に第2バーナ8を燃焼させておいてもよい。なおその場合においても、高温空気燃焼状態になるまでは、主として複数の第1バーナ3a~6aを燃焼させて炉本体1内の温度を上昇させることになる。ちなみに高温空気燃焼状態とは、本実施の形態では、炉本体1内が800℃以上になった状態と定義される。

炉本体1内が高温空気燃焼状態になった後は、第2バーナ8の燃焼を開始するか、または第2バーナ8の燃焼量の増加を開始する。そして以後第2バーナ8の燃焼量の増加に伴って複数の第1バーナ3a~6aの燃焼量を減少させて必要な燃焼状態を得る。そして必要な燃焼状態が得られた以降は、必要な燃焼状態が得られたときの複数の第1バーナ3a~6aの燃焼量と第2バーナ8の燃焼量との燃焼割合を維持する。

必要な燃焼状態は、目標とする運転状態によって変わる。例えば、複数の反応

管 7 のそれぞれの円周方向の管壁温度分布が極端に不均一な状態にならない燃焼状態を得るためには、複数の第 1 パーナ 3 a ～ 6 a の燃焼量と第 2 パーナ 8 の燃焼量との燃焼割合を、50 : 50 ～ 0 : 100 の範囲にするのが好ましい。また排気ガス中の酸素濃度の平均値は、3.5 ～ 6 % の範囲になるように熱交換型燃焼用空気供給装置を構成する第 1 パーナ用燃焼用部分空気供給装置 3 b ～ 6 b 及び 2 台の第 2 パーナ用燃焼用部分空気供給装置 10 及び 11 から燃焼室 2 内に供給される空気の量を定めるのが好ましい。

図 2 は、図 1 の構成において、高温空気燃焼状態になった後に、第 1 パーナ 3 a ～ 6 a の燃焼量と第 2 パーナ 8 の燃焼量との燃焼割合を 0 % ～ 100 % まで変化させたときに各反応管 7 のそれぞれの円周方向の管壁温度分布中の最高温度差の平均値を測定した結果を示すデータである。図 2 から分かるように、高温空気燃焼状態になった後においては、第 1 パーナ 3 a ～ 6 a の燃焼量を 0 % に向かって減少させ、第 2 パーナ 8 の燃焼量を 100 % に向かって増加させると、管壁温度分布中の温度差は小さくなる。

図 3 は、本実施の形態のように第 2 パーナ 8 を炉本体 1 の底壁（炉床）1 a に設けた場合（A）と、後述する別の実施の形態のように第 2 パーナを炉本体 1 の上壁（炉天井）1 b に設けた場合（B）の第 2 パーナの使用割合と排気ガス中の NO_x の排出値の関係を測定した結果を示す図である。この測定結果から分かるように、高温空気燃焼状態になった後においては、第 1 パーナ 3 a ～ 6 a の燃焼量を 0 % に向かって減少させ、第 2 パーナ 8 の燃焼量を 100 % に向かって増加させると、第 2 パーナの設置場所の如何にかかわらず、NO_x を低減できることが分かる。

さらに図 4 は、高温空気燃焼状態になった後に、第 1 パーナ 3 a ～ 6 a の燃焼量と第 2 パーナ 8 の燃焼量との燃焼割合を 0 : 100 にしたときに、燃焼室 2 に供給する空気比（残存酸素濃度）を変化させたときにおける排気ガス中の NO_x と CO の量の変化の状態を示している。図 4 からは、空気比を増加させると（酸素残留濃度を増加させると）、CO は漸次低減するものの、NO_x は増加する傾向を示すことが分かる。

また図 5 は、高温空気燃焼状態になった後に、第 1 パーナ 3 a ～ 6 a の燃焼量

と第2バーナ8の燃焼量との燃焼割合を40:60にしたときに、燃焼室2内の残存酸素濃度を变化させたときにおける各反応管7のそれぞれの円周方向の管壁温度分布中の最高温度差の平均値を測定した結果を示すデータである。この図5から分かるように、高温空気燃焼状態になった後においては、燃焼室2内の酸素濃度を増加させるほど、管壁温度差は小さくなる。しかしながら図4に示されるNO_xの増加傾向とCOの増加傾向を考慮すると、好ましい酸素残留濃度は3~6%である。なお本実施の形態では、最終的に燃焼割合を0:100にして酸素濃度を6%にするのが最良の運転モードであると考えられる。

高温空気燃焼状態になった後に、温度場中の温度差をあまり大きくすることなく、受熱量または伝熱効率をできるだけ大きくするためには、第1バーナ3a~6aの燃焼量を第2バーナの燃焼量よりも大きくするのが好ましいことが分かっている。

本実施の形態においては、4台の連続燃焼式蓄熱バーナ（第1バーナ）3乃至6のみで7本の反応管7を加熱したときの7本の反応管の受熱量を1としたときに、7本の反応管7…の受熱量が1より大きくなるように、連続燃焼式蓄熱バーナ（第1バーナ）3乃至6と8本の第2バーナ8…及び9…の位置関係と、4台の連続燃焼式蓄熱バーナ（第1バーナ）3乃至6と8本の第2バーナ8…及び9…の燃焼割合とを定めている。後に効果を説明するように、この例では、連続燃焼式蓄熱バーナ（第1バーナ）3乃至6と8本の第2バーナ8…及び9…の燃焼割合を、80:20にしている。

ちなみに80:20の燃焼割合では、第1バーナ3a~6aと第2バーナ8の配置を可能な範囲で様々に変更した場合でも、各反応管の受熱量を大きくすることができる。また80:20~50:50の燃焼割合でも程度の差はあるものの、受熱量を増大できる。

複数の第1バーナ3a~6a及び第2バーナ8の配置は種々考えられるが、本実施の形態のように、複数の第1バーナ3a~6aを底壁（炉床）1aに固定し、複数の第2バーナ8を上壁（炉天井）1bに固定するのが好ましい。このようにすると、第1バーナ3a~6aに対する燃焼用空気及び第1バーナ3a~6aからの熱の一部が第2バーナ8の近傍に近付くため、第2バーナ8の近傍に位置

する複数の反応管 7 の加熱を助けることにより、第 2 パーナを一方の壁部に配置した場合でも、各反応管を局部過熱することなく、各反応管の受熱量を大きくすることが容易になる。

なお第 2 パーナ 8 としては、最高ガス温度が 500℃以上となる部分燃焼火炎を形成する構造を有しているものを用いるのが好ましい。例えば、図 6 に概念的に示すように、第 2 パーナ 8 を炉壁 1 x の壁面よりも所定の距離下げて、第 2 パーナ 8 の前方に燃料と空気の混合室 12 を形成することにより、部分燃焼火炎を形成することができる。

また第 2 パーナ 8 の配置は、均等配置である必要はなく、図 7 に示すように第 2 パーナを配置してもよい。

また図 8 乃至図 15 に示すように、第 2 のパーナの配置は任意である。なお図 8 乃至図 15 は、本発明が適用できる他の実施の形態における第 1 パーナと第 2 パーナの配置態様を示している。これらの図には、図 1 に示した実施の形態で用いる部材と同様の部材には、図 1 に付した符号と同じ符号を付して説明を省略する。

図 8 は、本発明の反応炉の他の実施の形態を示している。この実施の形態では、7 本の反応管 7 … の隣接する 2 本以上の反応管の間に形成される空間に反応管 7 が延びる方向に向かって燃料を噴射するように、4 本の第 2 パーナ 8 が底壁 1 a の固定領域に固定され、4 本の第 2 パーナ 9 が上壁 1 b の固定領域に固定されている。また炉本体 1 の側壁 1 c には、上下方向に間隔をあけて 2 台の第 2 パーナ用燃焼用空気供給装置 10 及び 11 が配置されている。この 2 台の第 2 パーナ用燃焼用空気供給装置 10 及び 11 は、前述の連続燃焼式蓄熱パーナ 3 乃至 6 からパーナを除いた部分の構成と同様に構成されている。すなわち 2 台の第 2 パーナ用燃焼用空気供給装置 10 及び 11 は、蓄熱体と回転機構と送風装置等から構成されている。2 台の第 2 パーナ用燃焼用空気供給装置 10 及び 11 は、燃焼室 2 内の排気ガスを通気性を有する蓄熱体を通して炉外に排出し、蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を対応する第 2 パーナ 8 または 9 に供給する構造を有している。ここで第 2 パーナ用燃焼用空気供給装置 10 及び 11 から供給される空気量は、第 2 パーナ 8 及び 9 から供給される燃料流量に対する理論燃料空気量

の30%未満にするのが好ましい。

図9は、本発明の反応炉の更に他の実施の形態の概略構成を示す図である。この例では、上壁1b側にのみ4本の第2バーナ9を配置している点で、図8の実施の形態と相違する。

図10は、本発明の反応炉の更に他の実施の形態の概略構成を示す図である。この例では、底壁1a側にのみ4本の第2バーナ8を配置している点で、図8の実施の形態と相違する。

図11は、本発明の反応炉の更に他の実施の形態の概略構成を示す図である。この例では、炉本体1の底壁1a側にのみ4本の第2バーナ8を配置している点と、4台の連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6を炉本体1の上壁1bに固定している点で図8に示した実施の形態とは相違する。なお図11においては、図8に示した2台の第2バーナ用燃焼用空気供給装置10及び11の図示を省略してある。図11の実施の形態においては、2台の連続燃焼式蓄熱バーナ3及び4を反応管7の群の片側に反応管7に沿って燃料を噴射するように配置し、2台の連続燃焼式蓄熱バーナ5及び6を反応管7の群の反対側の片側に反応管7に沿って燃料を噴射するように配置している。

図12は、本発明の反応炉の更に他の実施の形態の概略構成を示す図である。この例では、炉本体1の上壁1b側にのみ4本の第2バーナ9を配置している点と、4台の連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6を炉本体1の底壁1aに固定している点で図8に示した実施の形態とは相違する。なお図12においても図11と同様に、図8に示した2台の第2バーナ用燃焼用空気供給装置10及び11の図示を省略してある。図12の実施の形態においては、2台の連続燃焼式蓄熱バーナ3及び4を反応管7の群の片側に反応管7に沿って燃料を噴射するように配置し、2台の連続燃焼式蓄熱バーナ5及び6を反応管7の群の反対側の片側に反応管7に沿って燃料を噴射するように配置している。

下記の表は、図8乃至図12に示した実施の形態について、連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6と第2バーナ8又は9の燃焼割合を変えた場合の各反応管7の受熱量または伝熱効率の変化を示すものである。

表 1

実施の場合	図8	図9	図10	図11	図12
燃焼割合	伝熱効率				
100%:0%	0.83	0.83	0.83	0.98	1.00
80%:20%	1.09	0.90	0.92	1.03	1.05
50%:50%	0.90	0.84	0.92	0.93	0.93
20%:80%	0.87	0.80	0.93	0.92	0.93

上記の結果は、図12に示した実施の形態において、第2バーナ9を利用しないで連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至6のみで加熱を行った場合における全反応管7…の受熱量を便宜的に1とした場合における各燃焼割合における図8乃至図12の実施の形態の全反応管7の受熱量を示したものである。従って表1中の数字は伝熱効率を示すものである。燃焼割合の欄には、「連続燃焼式蓄熱バーナ（第1バーナ）3乃至6：第2バーナ（8，9）」の燃焼割合を示している。上記表からは、図8、図11及び図12の実施の形態において、燃焼割合を80：20にすると、燃焼効率が1以上になることが分かる。また各実施の形態における燃焼割合「100%：0%」の受熱量をそれぞれ1とすれば、燃焼割合を80：20にしたときに、図8乃至図12の実施の形態における燃焼効率は1以上の最大値となる。したがっていずれの実施の形態においても、燃焼割合を80：20にするのが好ましい。

図13乃至図15は、更に他の実施の形態における連続燃焼式蓄熱バーナ3乃至5と第2バーナ（8，9）の位置関係の異なる例を示している。これらの実施の形態においても、上記に説明したように、燃焼割合を80：20にすると燃焼効率を最大にすることができる。

上記の各実施の形態では、第2バーナと第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置とを別個に設けているが、これらを一つのバーナシステムとした連続燃焼式蓄熱バーナを用いて、第2バーナと第2バーナ用燃焼用空気供給装置とを集中配置するようにしてもよいのは勿論である。

また上記の実施の形態では、高温空気燃焼型蓄熱式燃焼バーナとして連続燃焼

式蓄熱バーナを用いたが、回転式蓄熱バーナ及び交番式蓄熱バーナ等のその他の形式の高温空気燃焼型蓄熱式燃焼バーナを用いてもよいのは勿論である。

産業上の利用可能性

本発明によれば、燃焼開始時において反応炉内の温度場の温度差が、反応管に割れを生じさせたり、コーキングを発生させるほどに大きくなるのを防止できる利点がある。また反応炉内が高温空気燃焼状態になった後には、1以上の第2バーナの燃焼量の増加に伴って複数の第1バーナの燃焼量を減少させて必要な燃焼状態を得ることにより、反応炉内の温度場の温度差が、反応管に割れを生じさせたり、コーキングを発生させるほどに大きくなるのを防止できる利点がある。

請求の範囲

1. 炉壁によって囲まれた燃焼室を内部に有する炉本体と、

前記炉本体の前記炉壁の対向する一对の壁部間に設置されて同じ方向に延びるように並設された複数の反応管と、

前記複数の反応管の外側に配置され且つ前記炉本体の前記炉壁に設けられて前記燃焼室内において燃料を燃焼する複数の第1バーナと、

前記複数の反応管の隣接する2本以上の前記反応管の間に形成される空間に反応管管軸方向に向かって燃料を噴射するように、前記一对の壁部の前記複数の反応管が設置されている一对の固定領域の少なくとも一方に固定された1以上の第2バーナと、

前記燃焼室内の排気ガスを通気性を有する蓄熱手段を通して炉外に排出し且つ前記蓄熱手段の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を前記燃焼室内に供給する熱交換型燃焼用空気供給装置とを備えた反応炉の燃焼制御方法であって、

前記燃焼室内が高温空気燃焼状態になるまでは前記複数の第1バーナのみを燃焼させて前記燃焼室内の温度を上昇させる工程と、

前記燃焼室内が高温空気燃焼状態になった後に、前記1以上の第2バーナの燃焼を開始する工程と、

以後前記1以上の第2バーナの燃焼量の増加に伴って前記複数の第1バーナの燃焼量を減少させて必要な燃焼状態を得る工程とからなることを特徴とする反応炉の燃焼制御方法。

2. 前記必要な燃焼状態が得られた以降は、前記必要な燃焼状態が得られたときの前記複数の第1バーナの燃焼量と前記1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合を維持することを特徴とする請求項1に記載の反応炉の燃焼制御方法。

3 前記複数の第1バーナの燃焼量と前記1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合が、80:20~0:100の範囲にあることを特徴とする請求項2に記載の反応炉の燃焼制御方法。

4. 前記複数の反応管のそれぞれの円周方向の管壁温度分布が極端に不均一な状態にならない前記燃焼状態を得ることを特徴とする請求項1に記載の反応炉

の燃焼制御方法。

5. 前記複数の第1バーナの燃焼量と前記1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合が、50:50~0:100の範囲にあることを特徴とする請求項4に記載の反応炉の燃焼制御方法。

6. 前記排気ガス中の酸素濃度の平均値が、3.5~6%の範囲になるように前記熱交換型燃焼用空気供給装置から前記燃焼室内に供給される空気の量が定められていることを特徴とする請求項5に記載の反応炉の燃焼制御方法。

7. 炉壁によって囲まれた燃焼室を内部に有する炉本体と、
前記炉本体の炉壁の対向する一对の壁部間に設置されて同じ方向に延びるように並設された複数の反応管と、

前記複数の反応管の外側に配置され且つ前記炉本体の炉壁に設けられて前記燃焼室内において燃料を燃焼する複数の第1バーナと、

前記複数の反応管の隣接する2本以上の前記反応管の間に形成される空間に反応管管軸方向に向かって燃料を噴射するように、前記一对の壁部の前記複数の反応管が設置されている一对の固定領域の少なくとも一方に固定された1以上の第2バーナと、

前記燃焼室内の排気ガスを通気性を有する蓄熱手段を通して炉外に排出し且つ前記蓄熱手段の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を前記燃焼室内に供給する熱交換型燃焼用空気供給装置とを備えた反応炉の燃焼制御方法であって、

前記燃焼室内が高温空気燃焼状態になるまでは主として前記複数の第1バーナを燃焼させて前記燃焼室内の温度を上昇させる工程と、

前記燃焼室内が高温空気燃焼状態になった後に、前記1以上の第2バーナの燃焼量を増大させる工程と、

以後前記1以上の第2バーナの燃焼量の増加に伴って前記複数の第1バーナの燃焼量を減少させて必要な燃焼状態を得る工程とからなることを特徴とする反応炉の燃焼制御方法。

8. 前記必要な燃焼状態が得られた以降は、前記必要な燃焼状態が得られたときの前記複数の第1バーナの燃焼量と前記1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合を維持することを特徴とする請求項7に記載の反応炉の燃焼制御方法。

9. 前記複数の第1バーナの燃焼量と前記1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合が、80:20~0:100の範囲にあることを特徴とする請求項8に記載の反応炉の燃焼制御方法。

10. 前記複数の反応管のそれぞれの円周方向の管壁温度分布が極端に不均一な状態にならない前記燃焼状態を得ることを特徴とする請求項7に記載の反応炉の燃焼制御方法。

11. 前記複数の第1バーナの燃焼量と前記1以上の第2バーナの燃焼量との燃焼割合が、50:50~0:100の範囲にあることを特徴とする請求項10に記載の反応炉の燃焼制御方法。

12. 前記排気ガス中の酸素濃度の平均値が、3.5~6%の範囲になるように前記熱交換型燃焼用空気供給装置から前記燃焼室内に供給される空気の量が定められていることを特徴とする請求項11に記載の反応炉の燃焼制御方法。

13. 内部に燃焼室を有する炉本体と、

前記炉本体の炉壁の対向する一对の壁部間に設置されて互いに同じ方向に延びるように並設された複数の反応管と、

前記炉本体の炉壁に設けられて前記燃焼室内において燃料を燃焼する複数の第1バーナと、

前記複数の反応管の外側に配置され且つ前記燃焼室内の排気ガスを通気性を有する1以上の蓄熱体を通して炉外に排出し、前記1以上の蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を前記複数の第1バーナに供給するように構成された複数の第1バーナ用燃焼用部分空気供給装置と、

前記複数の反応管の隣接する2本以上の前記反応管の間に形成される空間に反応管管軸方向に向かって燃料を噴射するように、前記一对の壁部の前記複数の反応管が設置されている一对の固定領域の少なくとも一方に固定された1本以上の第2バーナと、

前記燃焼室内の排気ガスを通気性を有する1以上の蓄熱体を通して炉外に排出し、前記1以上の蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を前記1本以上の第2バーナに供給する1以上の第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置とを具備し、

前記燃焼室内が高温空気燃焼状態にあるときの前記複数の第1バーナの燃焼量

と前記 1 以上の第 2 バーナの燃焼量との燃焼割合が、50 : 50 ~ 0 : 100 の範囲にあることを特徴とする反応炉。

14. 前記排気ガス中の酸素濃度の平均値が、3.5 ~ 6 % の範囲になるように前記第 1 バーナ用燃焼用部分空気供給装置及び／または第 2 バーナ用燃焼用部分空気供給装置から前記燃焼室内に供給される空気の量が定められていることを特徴とする請求項 13 に記載の反応炉。

15. 前記複数の第 1 バーナが前記一对の壁部の一方に固定され、複数の前記第 2 バーナが前記一对の壁部の他方に固定されていることを特徴とする請求項 13 に記載の反応炉。

16. 前記第 2 バーナは、最高ガス温度が 500℃以上となる部分燃焼火炎を形成する構造を有している請求項 15 に記載の反応炉。

17. 前記第 1 バーナと前記第 1 バーナ用燃焼用部分空気供給装置とが組み合わせられて 1 台の高温空気燃焼型蓄熱バーナが構成されており、

前記第 2 バーナと前記第 2 バーナ用燃焼用部分空気供給装置とが組み合わせられて 1 台の高温空気燃焼型蓄熱バーナが構成されている請求項 13 に記載の反応炉。

。

18. 内部に燃焼室を有する炉本体と、

前記炉本体の炉壁に設けられて前記燃焼室内において燃料を燃焼する複数の第 1 バーナと、

前記燃焼室内の排気ガスを通気性を有する 1 以上の蓄熱体を通して炉外に排出し、前記 1 以上の蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を前記複数の第 1 バーナに供給するように構成された複数の第 1 バーナ用燃焼用部分空気供給装置と

、
前記炉壁の対向する一对の壁部間に固定されて互いに同じ方向に延びるように並設された複数の反応管とを備え、

前記複数の反応管の外側に複数の前記第 1 バーナが、前記反応管が延びる方向または前記反応管が延びる方向と交差する方向に燃料を噴射するように前記炉壁に固定されている反応炉であって、

前記複数の反応管の隣接する 2 本以上の前記反応管の間に形成される空間に前

記反応管が延びる方向に向かって燃料を噴射するように、前記一对の壁部の前記複数の反応管が固定されている一对の固定領域の少なくとも一方に固定された1本以上の第2バーナと、

前記燃焼室内の排気ガスを通気性を有する1以上の蓄熱体を通して炉外に排出し、前記1以上の蓄熱体の顕熱で高温に加熱した燃焼用空気を前記1本以上の第2バーナに供給する1以上の第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置とを更に備え、

前記複数の第1バーナのみで前記複数の反応管を加熱したときの前記複数の反応管の受熱量を1としたときに、前記複数の反応管の伝熱効率が1より大きくなるように、前記複数の第1バーナと前記1本以上の第2バーナの位置関係と、前記複数の第1バーナと前記1本以上の第2バーナの燃焼割合とを定めたことを特徴とする反応炉。

19. 前記複数の第1バーナが前記一对の壁部の一方に固定され、前記1本以上の第2バーナが前記一对の壁部の他方に固定され、

前記複数の第1バーナは前記複数の反応管を間に挟む位置関係になるように分散して配置されている請求項18に記載の反応炉。

20. 前記一对の壁部にそれぞれ前記1本以上の第2バーナが固定されており、

前記炉壁の前記一对の壁部とは異なる他の対向する一对の壁部に前記複数の第1バーナが、前記複数の反応管を間に挟む位置関係になるように分散して配置されている請求項18に記載の反応炉。

21. 前記複数の第1バーナと前記1本以上の第2バーナの燃焼割合が80:20である請求項18に記載の反応炉。

22. 1以上の前記第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置が、前記複数の反応管の外側から前記1本以上の第2バーナに前記燃焼用空気を供給するように配置され、前記第2バーナ用燃焼用部分空気供給装置から供給される空気量は、前記第2バーナから供給される燃料の量に対する理論燃料空気量の30%未満である請求項18に記載の反応炉。

23. 前記複数の反応管は、隣接する他の反応管との距離が等しくなるよう

に配置され、

複数の前記第 2 パーナは、隣接する複数の前記反応管との間の距離が等しくなるように配置されている請求項 22 に記載の反応炉。

24. 前記第 1 パーナと前記第 1 パーナ用燃焼用部分空気供給装置とが組み合わせられて 1 台の高温空気燃焼型蓄熱パーナが構成されており、

前記第 2 パーナと前記第 2 パーナ用燃焼用部分空気供給装置とが組み合わせられて 1 台の高温空気燃焼型蓄熱パーナが構成されている請求項 18 に記載の反応炉

。

図 1

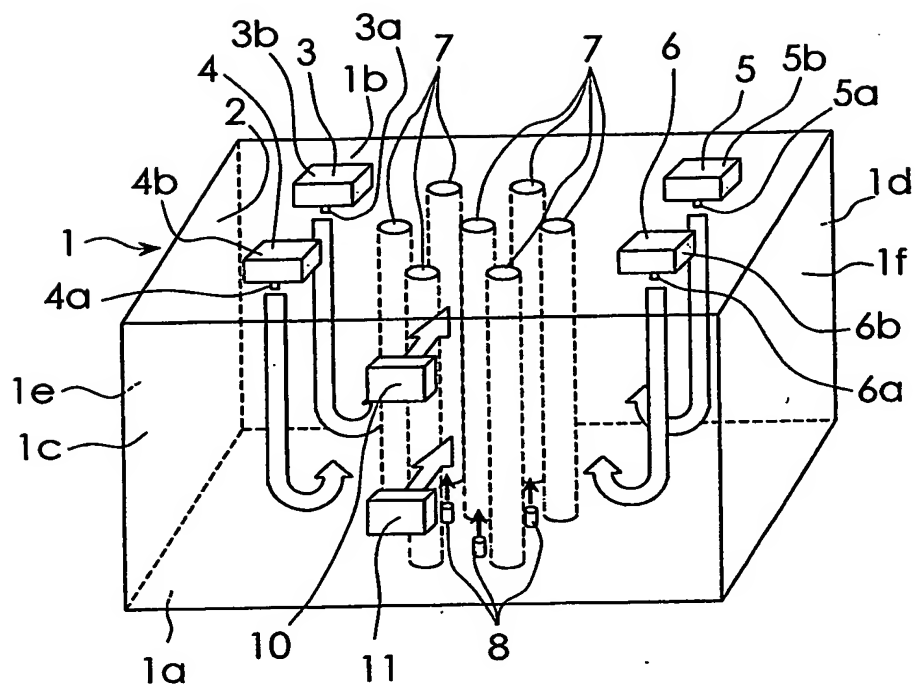


図 2

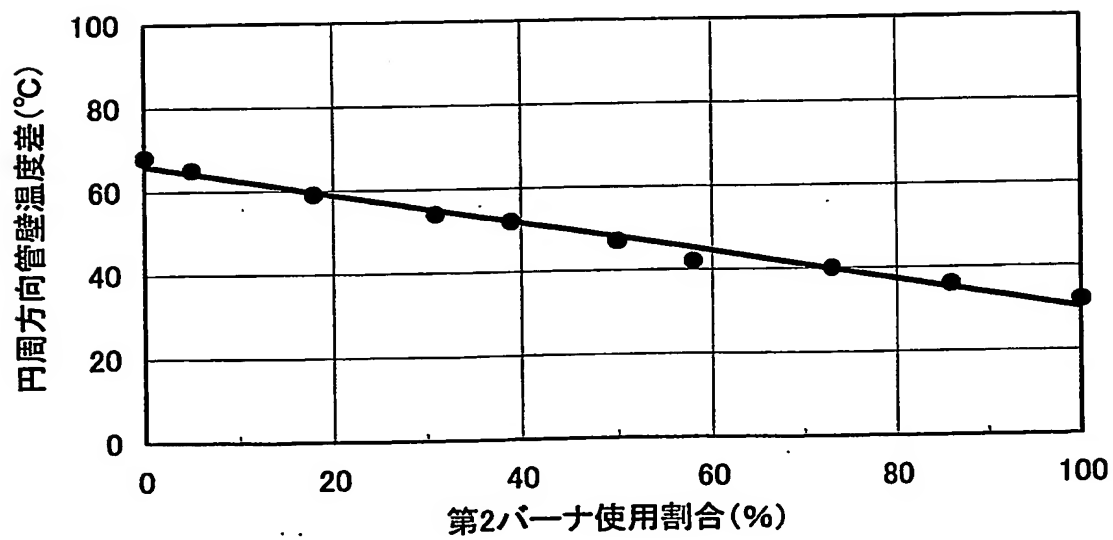


図 3

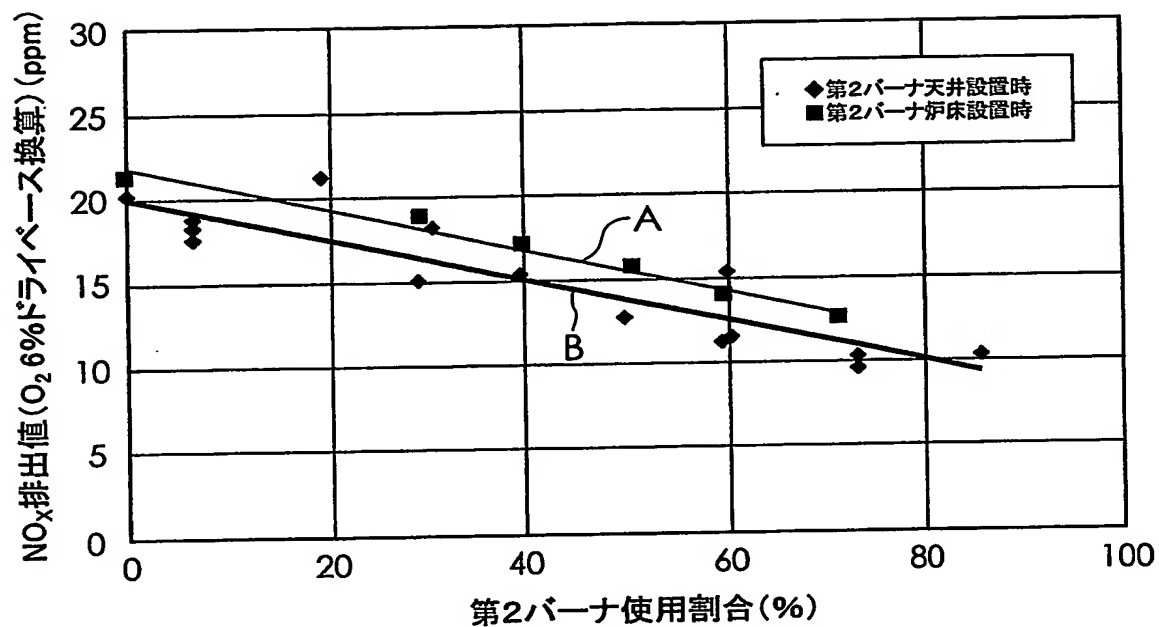


図 4

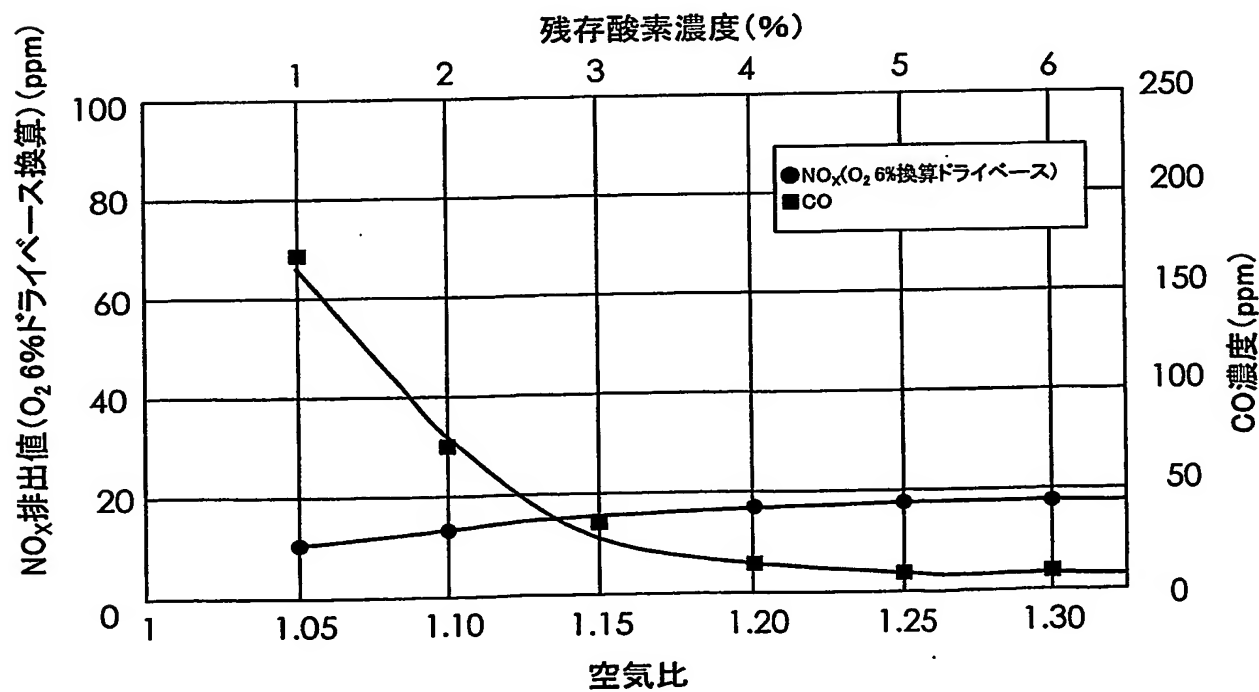


图 5

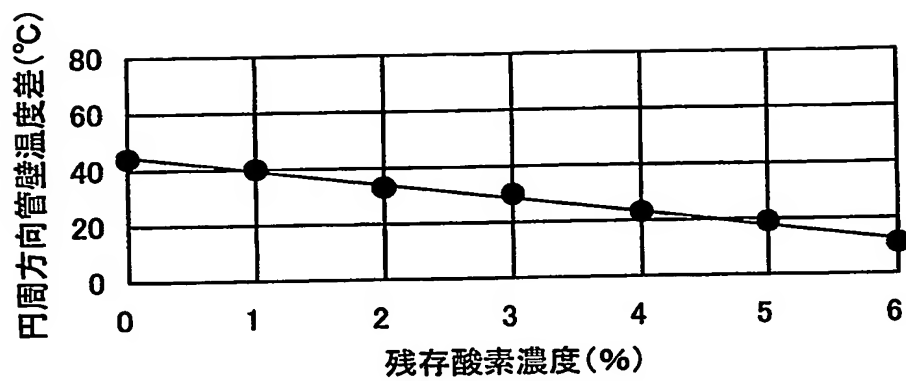


图 6

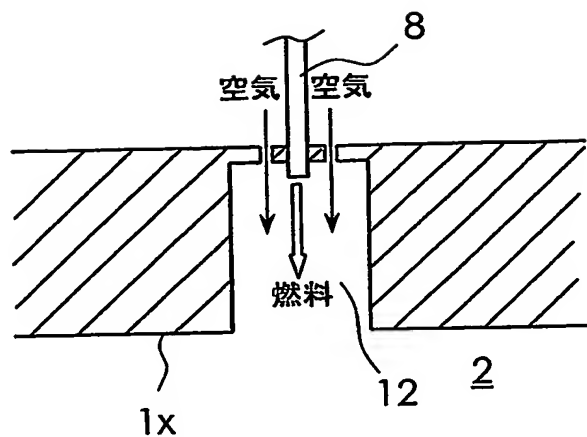


图 7

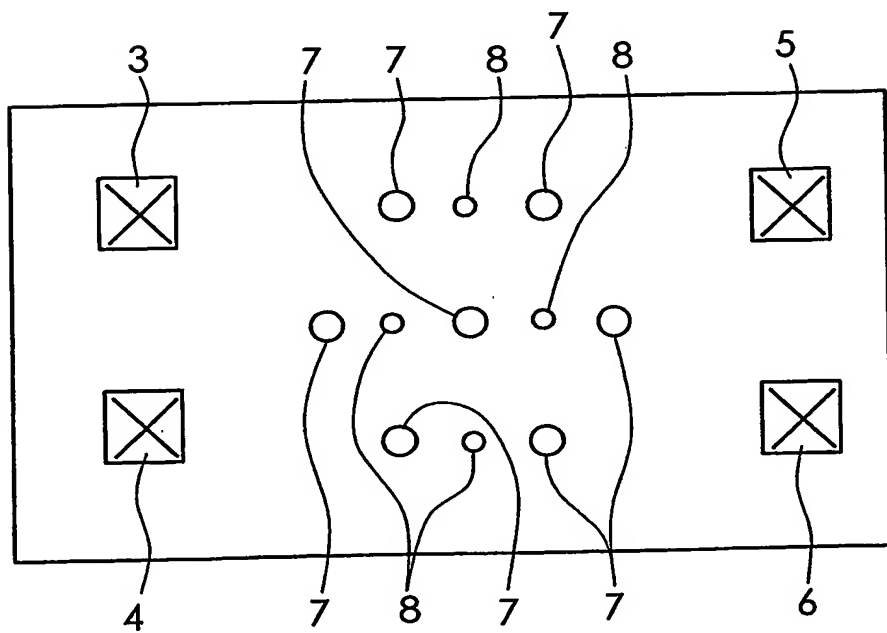


図 8

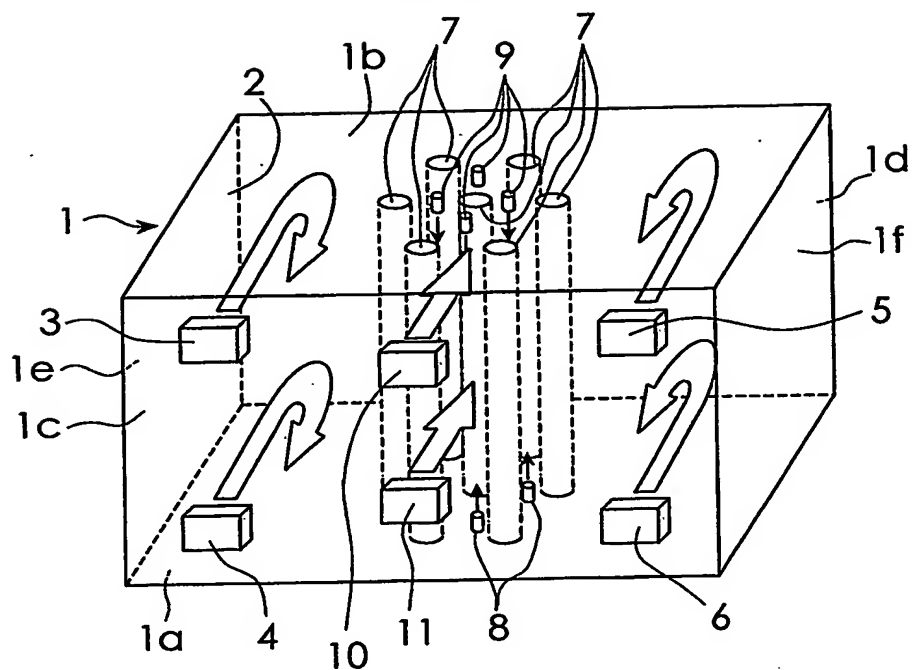


図 9

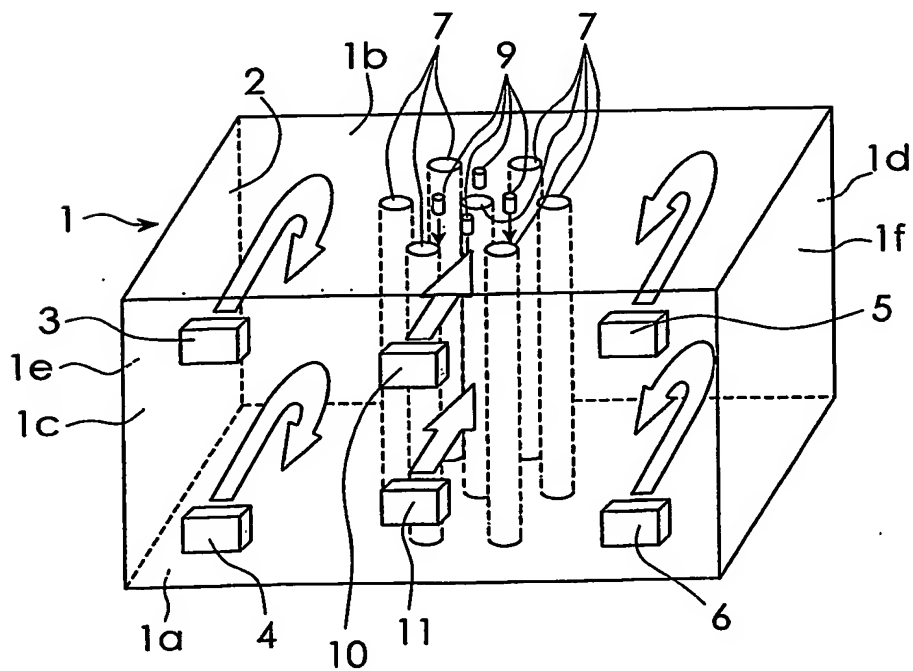


図 10

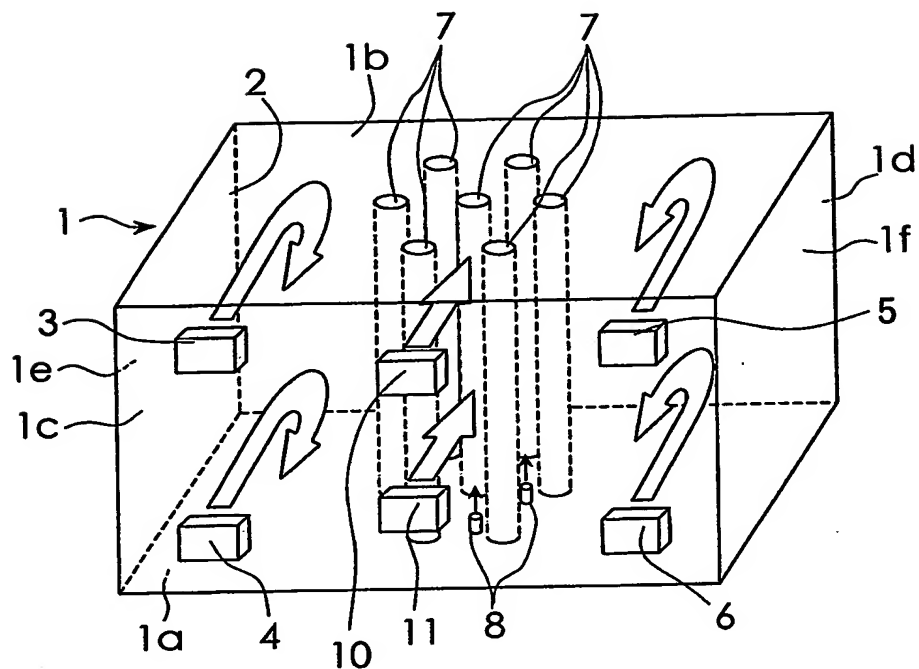


図 11

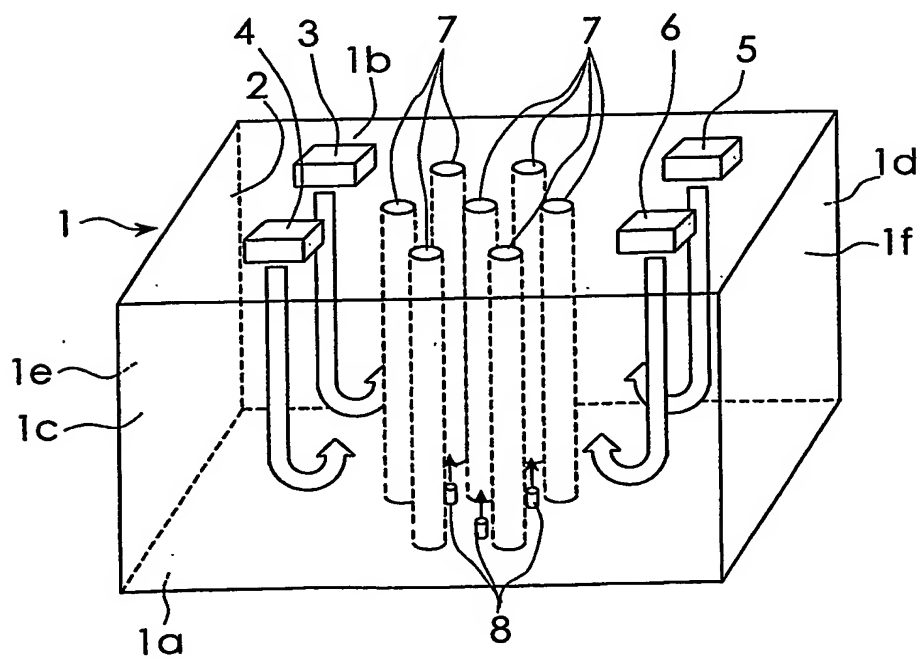


図 12

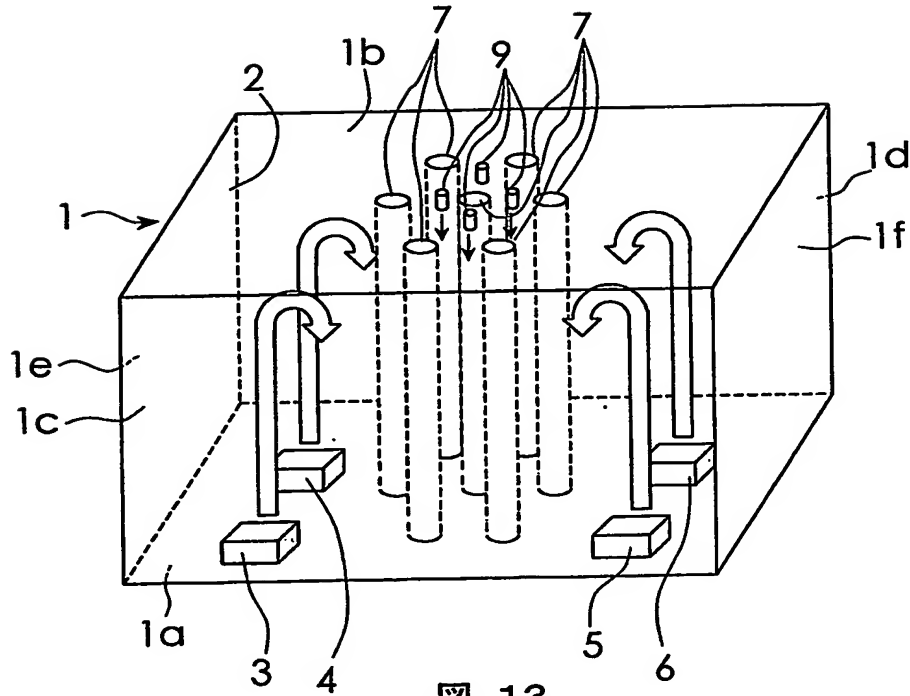


図 13

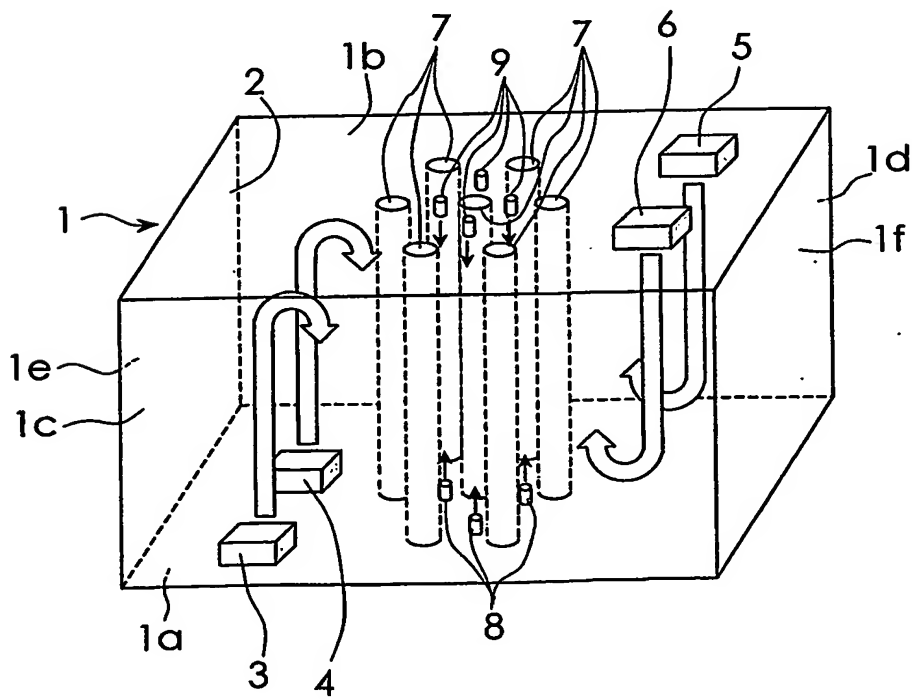


図 14

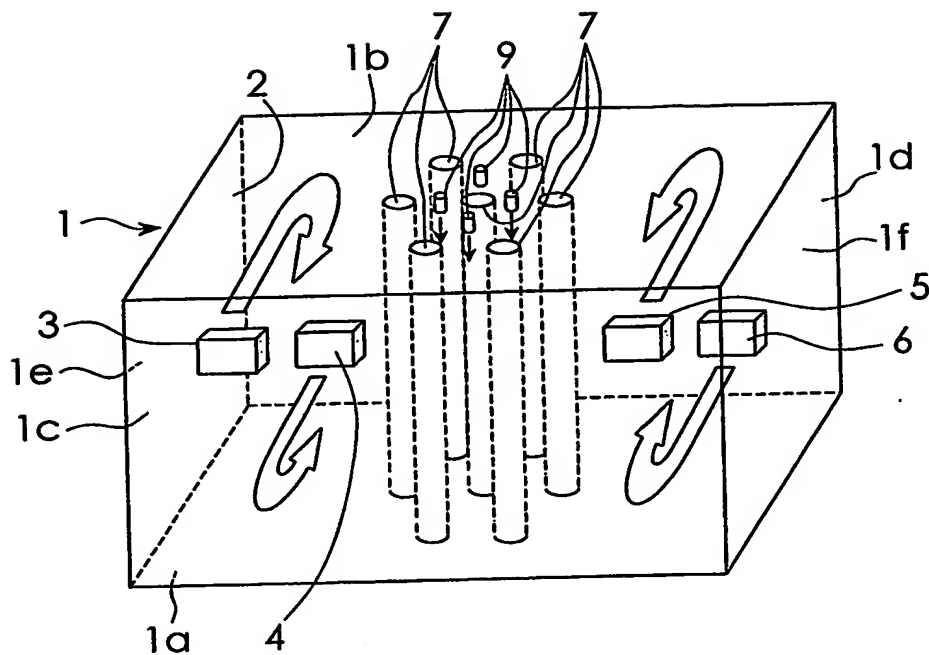
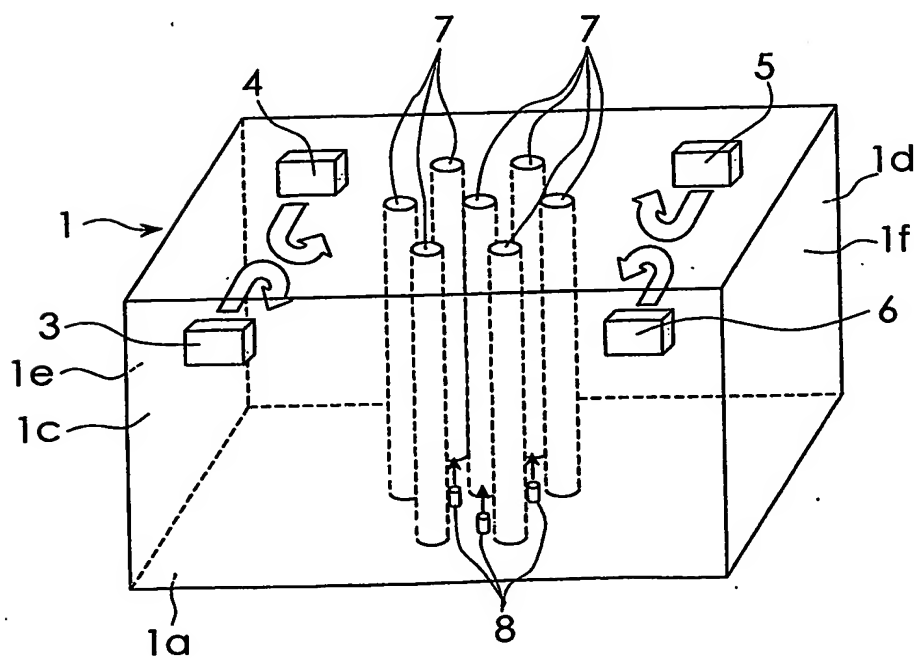


図 15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04027

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ F23C5/08, F23L15/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ F23C5/08, F23L15/02, F27B9/06, C10G9/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-152166 A (CHIYODA CORP.), 05 June, 2001 (05.06.01), (Family: none)	1-24
A	JP 11-179191 A (CHIYODA CORP.), 06 July, 1999 (06.07.99), (Family: none)	1-24
A	JP 7-238288 A (Babcock-Hitachi Kabushiki Kaisha), 12 September, 1995 (12.09.95), (Family: none)	1-24
A	US 5443040 A1 (CHIYODA CORP.), 22 August, 1995 (22.08.95), & JP 7-234018 A & EP 661497 A & DE 69419709 C & KR 214176 B	1-24

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
30 June, 2003 (30.06.03)

Date of mailing of the international search report
15 July, 2003 (15.07.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/04027

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98/38459 A1 (KATO, Hajime), 03 September, 1998 (03.09.98), & AU 5880698 A	1-24

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷
F23 C5/08, F23L 15/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷
F23C 5/08, F23L 15/02, F27B 9/06, C10G 9/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 2001-152166 A (千代田化工建設株式会社) 2001. 06. 05 (ファミリーなし)	1-24
A	J P 11-179191 A (千代田化工建設株式会社) 1999. 07. 06 (ファミリーなし)	1-24
A	J P 7-238288 A (パップコック日立株式会社) 1995. 09. 12 (ファミリーなし)	1-24
A	US 5443040 A1 (CHIYODA CORPORATION) 1995. 08. 22 & J P 7-234018 A & EP 661497 A & DE 69419709 C & KR 214176 B	1-24

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30. 06. 03

国際調査報告の発送日

15.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
松下 聡

3 L 3 1 1 4

電話番号 03-3581-1101 内線 3335

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の
カテゴリー*

引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示

関連する
請求の範囲の番号

A

WO 98 / 38459 A1 (KATO, Hajime)
1998. 09. 03 & AU 5880698 A

1 - 24

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.